

## Beschreibung

Elektronisches Bauteil mit mikroskopisch kleinen Kontaktflächen und Verfahren zu seiner Herstellung

5

Die Erfindung betrifft ein elektronisches Bauteil mit mikroskopisch kleinen Kontaktflächen und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

10

Im Zuge der Miniaturisierung von IC-Gehäusen sind Gehäuseverpackungen bekannt, welche die Größe der Halbleiterchips eines Halbleitersubstrats aufweisen oder nur unwesentlich größer als die Halbleiterchips selbst sind. Diese werden CSP-Gehäuse (Chip-Size-Packages) genannt. Auf dem Halbleiterchip selbst

15

sind mikroskopisch kleine Kontaktflächen angeordnet, die üblicherweise in einer zentralen Zeile oder im Randbereich des Halbleiterchips angeordnet sind, wobei mikroskopisch klein bedeutet, daß die Struktur unter einem Lichtmikroskop erkennbar und meßbar ist. Eine Umverdrahtung von der Zentral- oder

20

Randbereichsverteilung der mikroskopisch kleinen Kontaktflächen auf die nach außen führenden, über der ganzen Fläche des flächenhaften Gehäuses des elektronischen Bauteils zeilen- und/oder spaltenweise verteilten Außenanschlüsse kann zwar unterschiedlich erfolgen, jedoch muß ein Dehnungsausgleich

25

zwischen der Dehnung des Halbleiterchips und eines Zwischenträgers, der die Umverdrahtung und die Außenanschlüsse trägt, ermöglicht werden. Um die Herstellungskosten derartiger flächenhafter Gehäuse weiter zu senken, wird die Realisierung mit großem Nutzeffekt schon auf der Waferebene angestrebt. In

30

diesem Fall wird von einem Waferlevel-CSP-Gehäuse gesprochen.

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, die Umverdrahtung auf Waferebene durchzuführen und anstelle eines Zwischenträgers ein relativ dickes Dielektrikum einzusetzen, wobei die Umverdrahtung mittel Dünnschichtverdrahtung durchgeführt wird.

35

Um eine Prüfung der elektronischen Schaltungen auf dem Wafer durchzuführen, ist eine Methode bekannt, bei der auf jedem umverdrahteten Chipanschluß nacheinander eine Drahtverbindung mittels Thermokompressionsbonden als erster Bond gesetzt wird. Diese Drahtverbindung wird dann abgetrennt, und durch Galvanisieren der Drahtstummel mit federhartem Material entstehen elastische Kontaktspitzen, über welche die Kontaktierung zur elektrischen Prüfung und zum Burn-In vorgenommen werden kann.

Eine derartige sequentielle Herstellung von Prüfanschlüssen über galvanisch nachbehandelte Drahtstummel zur Erzeugung elastischer Kontaktspitzen aus federhartem Material ist äußerst kostenintensiv und kann nicht unmittelbar auf den mikroskopisch kleinen Kontaktflächen realisiert werden, sondern erst nach einer Umverdrahtung über den Dehnungsausgleich schaffende Leiterbahnen und nach Herstellung der nach außen geführten zeilen- und spaltenweise angeordneten Anschlüsse.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein elektronisches Bauteil mit mindestens einer mikroskopisch kleinen Kontaktfläche und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, das die Nachteile im Stand der Technik überwindet und die gleichzeitige Herstellung einer Vielzahl von Kontakten ermöglicht, die geeignet sind, sowohl flächige Unebenheiten auszugleichen, als auch einen Dehnungsausgleich bei Temperaturwechselbelastungen eines elektronischen Bauteils zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Gegenstands der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Dazu umfaßt das elektronische Bauteil eine Kontaktfläche, die zusätzlich ein sich räumlich erstreckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement, das einstückig und integral mit der Kontaktfläche verbunden ist, aufweist.

Dieses elektronische Bauteil hat den Vorteil, daß seine Kontaktfläche mit dem sich räumlich erstreckenden mikroskopisch kleinen Kontaktelement gleichzeitig für eine Vielzahl von integrierten Schaltungen auf einem Wafer realisiert werden kann. Darüber hinaus hat dieses elektronische Bauteil den Vorteil, daß zu Prüfzwecken ein Prüfkopf mit entsprechend angeordneten Kontaktanschlußflächen auf einem Zwischenträger die sich räumlich erstreckenden mikroskopisch kleinen Kontaktelemente gleichzeitig kontaktieren kann ohne bereits eine Bondverbindung herstellen zu müssen. Damit ist es in vorteilhafter Weise möglich, die elektronischen Bauteile noch vor einem Verkapseln in einem Kunststoffgehäuse direkt auf einem Wafer ohne Umverdrahtung und Zwischenträger zu prüfen.

Schließlich kann das erfindungsgemäße elektronische Bauteil mit seinen Kontaktflächen, die zusätzlich ein sich räumlich erstreckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement tragen, alle Dehnungsunterschiede zwischen der elektronischen Schaltung mit Leiterbahnen auf der Oberfläche eines Substrats oder Halbleiters und dem zum Gehäuse gehörenden Zwischenträger ausgleichen. Damit werden konventionelle formflexible Kontaktanschlußfahnen zwischen mikroskopisch kleinen Kontaktflächen auf der Oberfläche des Substrats und Kontaktanschlußflächen auf einem Zwischenträger vermieden. Ferner hat dieses elektronische Bauteil den Vorteil, daß mit den sich räumlich erstreckenden mikroskopisch kleinen Kontaktelementen Unebenheiten der Oberfläche des Substrats ausgeglichen werden können. Schließlich ist es auch möglich, Toleranzen eines Abstands zwischen der Oberfläche des Substrats und den auf der Oberfläche eines Zwischenträgers angeordneten Kontaktanschlußflächen durch die sich räumlich erstreckenden mikroskopisch kleinen Kontaktstifte auszugleichen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist in dem elektronischen Bauteil der Kontaktfläche gegenüberliegend eine Kontaktanschlußfläche eines Zwischenträgers mit Flachleitern angeordnet. Derartige Flachleiter verteilen im Zuge ei-

ner Umverdrahtung die auf den Randbereichen der Oberfläche des Substrats angeordneten mikroskopisch kleinen Kontaktflächen oder die in einer Zeile durch das Zentrum der Oberfläche des Substrats angeordneten mikroskopisch kleinen Kontaktflächen auf die Gesamtfläche des elektronischen Bauteils und stellen eine Verbindung zu entsprechenden nach außen geführten elektrischen Anschlüssen des elektronischen Bauteils bereit. Die nach außen geführten elektrischen Anschlüsse sind beispielsweise Kontakthöcker, die in Zeilen und/oder Spalten auf dem flächenhaften Gehäuse des elektronischen Bauteils verteilt sind. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Substrat ein Halbleiterchip oder ein Halbleiterwafer, und die elektronische Schaltung ist mindestens eine integrierte Schaltung im oberflächennahen Bereich des Halbleiterchips oder des Halbleiterwafers.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Ausbildung des elektronischen Bauteils mit Kontaktflächen, die ein sich räumlich erstreckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement, das einstückig und integral mit der Kontaktfläche verbunden ist, aufweisen, ist es vorteilhaft möglich, sämtliche Kontaktflächen eines Halbleiterchips mit derartigen Kontaktelementen auszustatten und/oder einen gesamten Halbleiterwafer mit einer Vielzahl von elektronischen Schaltungen und einer Vielzahl von Kontaktflächen mit diesen Kontaktelementen gleichzeitig in einem Herstellungsverfahren zu bestücken und somit die Kontaktelemente nicht nur zum Dehnungsausgleich oder zum Ausgleich von Unebenheiten beim Umverdrahten zu elektronischen Außenanschlüssen einzusetzen, sondern die Kontaktelemente zu nutzen, um noch vor einem Verkapseln der elektronischen Bauteile mit Gehäusen und noch vor einem Trennen eines Halbleiterwafers zu einzelnen elektronischen Bauteilen die Funktion der elektronischen Schaltung zu überprüfen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die elektronische Schaltung mit Leiterbahnen eine Vielzahl von Kontaktflächen auf, die jeweils an einem Ende der

Leiterbahnen angeordnet sind. Diese Leiterbahnen, die sich auf der Oberfläche des Substrats befinden, dienen der Verbindung zwischen Kontaktflächen und den Elektroden der aktiven und passiven Bauelemente der elektronischen Schaltung im oberflächennahen Bereich des Substrats und haben nicht die Aufgabe wie die Flachleiter auf einem Zwischenträger, eine Umverdrahtung zu realisieren.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besitzt das Kontaktelement neben einer plastischen Verformbarkeit, die für jedes Metall gegeben ist, auch eine elastische Verformbarkeit, so daß eine vorteilhafte Federsteifigkeit des Kontaktstiftes zur Verfügung steht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Kontaktelement unter einem Raumwinkel, der von der orthogonalen Ausrichtung abweicht, vorgeformt. Eine derartige geneigte Ausrichtung des Kontaktelementes gegenüber der Kontaktfläche hat den Vorteil, daß ein elastisches Anpassen an Unebenheiten der Oberfläche des Substrats und ein plastischer Dehnungsausgleich erleichtert werden, da die mikroskopisch kleinen Kontaktelemente bereits unter einem entsprechenden Raumwinkel vorgeformt sind.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Kontaktelement unter einem Raumwinkel, der von der orthogonalen Ausrichtung abweicht, vorgebogen. In dieser bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich das mikroskopisch kleine Kontaktelement zunächst in orthogonaler Richtung und wird mit einem Werkzeug plastisch verformt, so daß es sich bleibend verbiegt und in dieser vorgebogenen Form den unterschiedlichen weiteren Anforderungen an das elektronische Bauteil zur Verfügung steht.

Die Länge des Kontaktelementes kann an die unterschiedlichsten Anforderungen, die an das elektronische Bauteil gestellt werden, angepaßt werden. Somit ist vorzugsweise die

Länge des Kontaktelementes um mindestens 5 % größer als die größte Verwölbung der Oberfläche des Substrats, womit vorteilhaft sichergestellt wird, daß auch die größte Verwölbung der Oberfläche des Substrats von dem Kontaktstift ausgeglichen werden kann. Ferner kann die Länge des Kontaktelementes um mindestens 5 % größer als die größte Entfernung zwischen Kontaktfläche und Kontaktanschlußfläche sein, um sicherzustellen, daß das Kontaktelement auch die größte Entfernung zwischen der Kontaktfläche und einer gegenüberliegenden Kontaktanschlußfläche, vorzugsweise eines Zwischenträgers oder eines Prüfkopfes, zuverlässig überbrückt.

Schließlich kann die Länge des Kontaktelementes um mindestens 5 % größer als die größte Längendifferenz in bezug auf den zentral gelegenen neutralen Punkt des Substrats bei größtmöglicher Temperaturwechselbelastung sein. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird zusätzlich sichergestellt, daß bei allen Temperaturwechselbelastungen die Länge des Kontaktelementes ausreicht, um einen Dehnungsausgleich für die unterschiedlichen Außenabmessungen des Substrats und der Temperaturwechselbelastung zu gewährleisten.

Ferner kann die Länge des Kontaktelementes um mindestens 5 % größer als die größte Längendifferenz zwischen Substrat und Zwischenträger bezogen auf den zentral gelegenen neutralen Punkt des Substrats bei größtmöglicher Temperaturwechselbelastung sein. Damit wird vorteilhafterweise auch ein Dehnungsausgleich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen thermischen Ausdehnung von Substratmaterial und Zwischenträgermaterial durch die angepaßte Länge des Kontaktelementes ermöglicht.

Vorzugsweise sind die Kontaktfläche und das Kontaktelement aus einer gleichen Metall-Legierung hergestellt. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, daß keinerlei Diffusionssperrschichten zur Vermeidung von Elektromigration und anderen Materialwanderungen an dem Übergang zwischen Kontaktfläche und

Kontaktelement vorzusehen sind. Jedoch ist diese Ausführungsform nicht für alle üblichen Kontaktflächenmaterialien durchführbar.

5 Deshalb ist bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung die Kontaktfläche aus einer Aluminiumlegierung, während das Kontaktelement aus einer Goldlegierung hergestellt ist. Diese Kombination hat den Vorteil, daß sie ein  
10 hochwertiges, nicht oxidierendes Kontaktelement zur Verfügung stellt, das außerdem den Vorzug hat, daß sein freies Ende mit einer Kontaktanschlußfläche aus einer Aluminiumlegierung intermetallische Verbindungen unter isothermischer Erstarrung eingehen kann und somit der Kontaktstift mit der weiterführenden Umverdrahtung verbunden werden kann.

15 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Kontaktflächen aus einer Aluminiumlegierung und das Kontaktelement ist aus einer Kupferlegierung. Dieses hat den Vorteil, daß zur Weiterverbindung des Kontaktstiftes mit der  
20 Umverdrahtung eines Zwischenträgers herkömmliche Verbindungstechnologien, die mit Kupferlegierungen arbeiten, unmittelbar eingesetzt werden können.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die  
25 mikroskopisch kleinen Kontaktelemente als mikroskopisch kleine Kontaktstifte ausgebildet. Diese Kontaktstifte sind vorzugsweise pilzförmig und tragen einen abgerundeten pilzhutförmigen Kontaktkopf. Die Kontaktstifte werden vorzugsweise mit besonders angepaßten Verfahrensschritten der Planartechnologie gleichzeitig auf einem Halbleiterwafer mit den Kon-  
30 taktflächen als integrales einstückiges Element angeordnet.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der Kontaktstift einen Durchmesser auf, der kleiner  
35 oder gleich der Hälfte der kürzesten Längenabmessung der Kontaktfläche ist. Die Kontaktfläche kann dabei rechteckförmig, kreisförmig oder elliptisch ausgebildet sein, und die Be-

schränkung des Durchmessers des Kontaktstiftes auf die bevorzugte Größe kleiner oder gleich der Hälfte der kürzesten Längenabmessung der Kontaktfläche dient vorteilhafterweise dazu, den sich räumlich erstreckenden mikroskopisch kleinen Kontaktstift über eine größere Kontaktanschlußfläche eine ausreichende Haftung auf der Oberfläche des Substrats zu vermitteln, damit elastische Verbiegungen und plastische Verformungen des mikroskopisch kleinen Kontaktstiftes möglich werden, ohne daß sich das einstückig integrale Bauelement aus Kontaktfläche und Kontaktstift von der Oberfläche des Substrats abhebt oder sogar von den sich anschließenden Leiterbahnen abreißt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist der Kontaktstift an seinem von der Kontaktfläche entfernten Ende einen Kontaktkopf auf. Damit erhält der Kontaktstift als integraler Bestandteil der Kontaktfläche eine pilzförmige Ausgestaltung. Diese pilzförmige Ausgestaltung hat den Vorteil, daß ein Gleiten gegenüber den Kontaktanschlußflächen eines Zwischenträgers erleichtert wird, und daß für feste Verbindungen zwischen der Umverdrahtung eines Zwischenträgers und den Kontaktstiften das Material des Kontaktkopfes an die Materialeigenschaften der Kontaktanschlußfläche mit welcher der Kontaktkopf verbunden ist, angepaßt werden kann.

Der Kontaktkopf des Kontaktstiftes kann aus der gleichen Metall-Legierung wie der Kontaktstift hergestellt sein und kann für die unterschiedlichen Anwendungsfälle zusätzlich entweder eine Beschichtung aus Nickel und/oder Gold oder eine lötbare Metall-Legierungsbeschichtung aufweisen, oder der gesamte Kontaktkopf kann eventuell aus Lot bestehen. Diese Ausführungsform des Kontaktkopfes, insbesondere die optimale Materialwahl des Kontaktkopfes, hängt von dem Aufbau des Gehäuses des elektronischen Bauteils ab. Wird für die Umverdrahtung lediglich ein Druckkontakt gefordert, wird sicherlich eine reib- und oxidationsfeste Beschichtung aus Nickel oder Gold des Kontaktkopfes von Vorteil sein. Ist jedoch eine Bondver-



bindung erforderlich, so hängt diese im wesentlichen von den eutektischen Schmelzen, die zwischen den Materialkombinationen aus Kontaktkopf und weiterführender Umverdrahtung gebildet werden können, ab. Wird schließlich eine Lötverbindung vorzugsweise für den Kontaktkopf angestrebt, wenn auch Außenanschlüsse wie Kontakthöcker aus Lötbällen herzustellen sind, so kann vorteilhafterweise mit einem einzigen Burn-In-Prozeß sowohl die Verbindung der Umverdrahtung zu den äußeren Kontakthöckern als auch die interne Lötverbindung zwischen Kontaktkopf und Umverdrahtung für ein elektronisches Bauteil hergestellt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die mikroskopisch kleinen Kontaktelemente als mikroskopisch kleine Kontaktfedern ausgebildet, die eine blattfederartige Gestalt aufweisen, wobei ein Ende der Kontaktfeder mit den Kontaktflächen des Substrats oder des Halbleiterchips integral verbunden ist, und das andere Ende sich räumlich von der Kontaktfläche aus erstreckt. Die Breite der Kontaktfeder zum freien Ende hin ist vorzugsweise derart verjüngt, daß eine nahezu quadratische Kontaktfläche der Kontaktblattfeder räumlich versetzt über der Verbindung zu der Kontaktfläche des Substrats oder Halbleiterchips angeordnet ist.

Die Kontaktfedern werden vorzugsweise durch synchrone Verfahrensschritte für alle Kontaktfedern eines Wafers gleichzeitig durch multiples Bonden oder Diffusionslöten aus einer strukturierten Metallfolie hergestellt, wobei an vorbereiteten Sollbruchstellen in den Strukturen der Metallfolie beim Abheben der Metallfolie von den gebondeten oder diffusionsgelöten Stellen sich die räumlich erstreckenden elastischen Kontaktfedern mit ihren freistehenden Kontaktflächenenden ausbilden.

Vorzugsweise erstreckt sich die Kontaktfeder mit ihrem freien Ende in einem Raumwinkel  $\alpha$ , der kleiner ist als die Orthogonale zu der Kontaktfläche. Eine derartige zur Kontaktfläche

abgewinkelte Kontaktfeder hat den Vorteil, daß ihre freistehenden Enden Oberflächenunebenheiten zwischen einem Meßkopf mit multiplen Kontaktanschlußflächen zum Messen der Funktion des Halbleiterchips leichter durch elastische Verformung ausgeglichen werden können und beim Verpacken des Halbleiterchips der Kontakt zu den multiplen Kontaktanschlußflächen eines Zwischenträgers leichter herstellbar ist, da Oberflächenunebenheiten zwischen Halbleiterchip und Zwischenträger ausgeglichen werden können.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung entspricht die Breite der Kontaktblattfedern der Breite der Kontaktflächen auf einem Substrat oder Halbleiterchip. Dieses hat den Vorteil, daß beim Bonden die gesamte Kontaktfläche auf dem Halbleiterchip für das einstückige integrale Verbinden von Kontaktfläche und Kontaktfeder zur Verfügung steht und damit eine intensive, in mikroskopischer Größenordnung großflächige stabile Verbindung aufgebaut werden kann.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Kontaktfeder an ihrem freien Ende mit Gold und/oder mit einer Nickelbeschichtung versehen. Dabei dient die Nickelbeschichtung als diffusionshemmende Schicht zwischen dem Material der Kontaktfeder und der Goldbeschichtung, um sicherzustellen, daß das Kontaktfedermaterial nicht durchdiffundiert bis zum Material der Kontaktfläche auf dem Halbleiterchip.

Vorzugsweise ist die Metallfolie aus einem elastischen Material wie einer Federbronze oder einer Kupferlegierung, so daß beim Abziehen der Metallfolie von dem Substrat oder einem Halbleiterwafer unmittelbar blattfederartige Kontaktfedern entstehen. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann jedoch auch eine weichgeglühte Folie aus Federbronze verwendet werden, die dann nach dem Abheben der Restfolie von dem Substrat oder einem Halbleiterwafer durch

eine Temperbehandlung des Wafers oder des Halbleiterchips ihre Federsteifigkeit erreicht.

Vorzugsweise wird eine Metallfolie aus federelastischem Material eingesetzt, die selektiv vorzugsweise mittels Laserstrahl im Bereich der größten Verbiegung der Kontaktfeder weichgeglüht ist, um in vorteilhafter Weise ein Abreißen der Kontaktfeder von der Kontaktfläche des Substrats zu verhindern oder ein Beschädigen der Kontaktanschlußfläche zu vermeiden, dadurch, daß geringe Biegekräfte auf die Verbindung zwischen Kontaktfederende und Kontaktfläche einwirken müssen. Auch in diesem Fall wird durch ein nachträgliches Tempern die Federsteifigkeit der Kontaktfeder nach dem Bonden eingestellt.

Ein Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils mit mindestens einer mikroskopisch kleinen Kontaktfläche für eine elektronische Schaltung mit Leiterbahnen auf einer Oberfläche eines Substrats, wobei die Kontaktfläche zusätzlich ein sich räumlich erstreckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement, das einstückig und integral mit der Kontaktfläche verbunden ist, aufweist, umfaßt folgende Verfahrensschritte:

- a) Strukturieren einer leitenden Schicht auf einer Oberfläche eines Substrates zu Leiterbahnen und mikroskopisch kleinen Kontaktflächen,
- b) Aufbringen einer Passivierungsschicht auf die strukturierte leitende Schicht,
- c) Öffnen von Kontaktfenstern in der Passivierungsschicht zum freilegen der Kontaktflächen,
- d) Aufbringen einer geschlossenen leitenden Schicht zum Verbinden der Kontaktflächen,
- e) Aufbringen einer Maskierungsschicht auf die geschlossene leitende Schicht
- f) Strukturieren der Maskierungsschicht mit Durchgangsöffnungen zu den Kontaktflächen
- g) Auffüllen der Durchgangsöffnungen mit leitendem Material

- h) Entfernen der Maskierungsschicht
- i) Entfernen der geschlossenen leitenden Schicht

Mit diesen erfindungsgemäßen Verfahrensschritten ist es möglich, unmittelbar auf den mikroskopisch kleinen Kontaktflächen zusätzlich sich räumlich erstreckende mikroskopisch kleine Kontaktstifte und/oder Kontaktfedern als Kontaktelemente, die einstückig und integral mit den Kontaktflächen verbunden sind, herzustellen. Dieses Verfahren hat darüber hinaus den Vorteil, daß durch Variation der Dicke der Maskierungsschicht beim Aufbringen auf die geschlossene leitende Schicht die Länge für alle Kontaktelemente gleichzeitig variiert werden kann. Je dicker die Maskierungsschicht aufgebracht wird, um so länger werden die sich bildenden Kontaktelemente, da die Durchgangsöffnungen, die schließlich mit leitendem Material aufgefüllt werden und die Kontaktelemente formen, eine Länge aufweisen, die sich nach der Dicke der Maskierungsschicht richtet.

Die Maskierungsschicht selbst ist ein wesentliches Hilfsmittel, um einstückig und integral mit der Kontaktfläche verbundene Kontaktelemente herzustellen, und wird in einem abschließenden Verfahrensschritt wieder entfernt. Auch das Aufbringen einer geschlossenen leitenden Schicht, nachdem bereits Leiterbahnen auf der Oberfläche des Substrats strukturiert wurden, dient lediglich einem Kurzschluß aller mikroskopisch kleinen Kontaktflächen, um beispielsweise eine elektrogalvanische Metallabscheidung von der geschlossenen leitenden Schicht aus durch die Durchgangsöffnungen hindurch zu ermöglichen. Nach einem galvanischen Abscheiden von leitendem Material unter Auffüllen der Durchgangsöffnungen und nach einem Entfernen der Maskierungsschicht kann auch der Kurzschluß zwischen den Kontaktflächen durch Entfernen der geschlossenen leitenden Schicht aufgehoben werden.

Das Strukturieren einer leitenden Schicht erfolgt vorzugsweise mittels Photolithographie. Das Aufbringen einer Passivie-

5 rungsschicht, vorzugsweise aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  wird mittels Sputter-  
technik durchgeführt. Das Öffnen von Fenstern zu den Kontakt-  
flächen kann wieder mittels Photolithographie erfolgen. Das  
Aufbringen einer geschlossen leitenden Schicht kann mittels  
10 Aufdampftechnik, Sputtertechnik oder Abscheidetechnik vor-  
zugsweise erfolgen. Sowohl das Strukturieren einer leitenden  
Schicht, das Aufbringen einer Passivierungsschicht, das Öff-  
nen von Fenstern zu den Kontaktflächen und auch das anschlie-  
ßende Aufbringen einer geschlossenen leitenden Schicht kann  
15 für eine Vielzahl elektronischer Bauteile gleichzeitig und  
direkt auf einem Substrat oder Halbleiterwafer erfolgen, um  
damit die Voraussetzung zur gleichzeitigen Schaffung einer  
Vielzahl von Kontaktelementen auf einer Vielzahl von Kontakt-  
flächen zu bilden.

15 Für ein späteres galvanisches Auffüllen einer Durchgangsöff-  
nung zu einem Kontaktstift wird vorzugsweise eine geschlosse-  
ne leitende Schicht aus einer Kupferlegierung hergestellt.  
Für eine stromlose Abscheidung des Kontaktelementmaterials  
20 auf der Oberfläche der Kontaktflächen in den Durchgangsöff-  
nungen der Maskierungsschicht kann in einer anderen bevorzug-  
ten Ausführungsform der Erfindung auf das Aufbringen einer  
geschlossenen leitenden Schicht verzichtet werden, da ein  
Kurzschluß aller Kontaktflächen bei stromloser Metallabschei-  
25 dung nicht erforderlich ist. Jedoch sind stromlose Abscheide-  
verfahren oftmals nicht selektiv genug, so daß gleichzeitig  
mit dem Auffüllen der Durchgangsöffnungen eine relativ dicke  
abgeschiedene leitende Schicht auf der Maskierungsschicht  
entstehen kann.

30 Die Maskierungsschicht selbst wird vorzugsweise mittels Auf-  
schleudern, Aufsprühen oder mittels einer Tauchtechnik aufge-  
bracht. Für die Bildung von Durchgangsöffnungen kann die Mas-  
kierungsschicht bei einer bevorzugten Durchführungsform der  
35 Erfindung aus einem photoempfindlichen Dielektrikum bestehen,  
wie vorzugsweise aus einem zähviskosen Photolack, dessen Vis-  
kosität je nach erforderlicher Länge des Kontaktelementes und

somit entsprechend erforderlicher Dicke der Maskierungsschicht den Anforderungen für das elektronische Bauteil angepaßt werden kann. Zur selektiven Vorhärtung des photoempfindlichen Dielektrikums wird vorzugsweise die Maskierungsschicht über eine an den Positionen der Kontaktelemente bzw. der zu entwickelnden Durchgangsöffnungen geschwärzten Maske abgedeckt und der verbleibende Rest der Maskierungsschicht aus photoempfindlichem Dielektrikum belichtet.

Bei einem nachfolgenden Entwicklungsschritt wird der nicht belichtete Bereich der photoempfindlichen Dielektrikumschicht herausgelöst, so daß Durchgangsöffnungen bis zu der geschlossenen leitenden Schicht im Bereich der Kontaktflächen auf der Oberfläche des Substrats beim Entwickeln entstehen. Derartige Durchgangsöffnungen können aber auch vorzugsweise in einer Harzschicht mittels Laserabtragstechnik, Ionenstrahlputtern oder Plasmaätzen hergestellt werden, insbesondere wenn die erforderliche Länge der Kontaktelemente die belichtbare Dicke von photoempfindlichen Dielektrika überschreitet. Der Vorteil von Harzschichten in Verbindung mit Laserabtragstechnik, Ionenstrahlputtern oder Plasmaätzen liegt darin, daß diese Maskierungsschicht aus Harz in jeder gewünschten Dicke aufbringbar und mit Durchgangsöffnungen herstellbar ist.

Nach dem Einbringen der Durchgangsöffnungen in die Maskierungsschicht werden vorzugsweise die Durchgangsöffnungen mit leitendem Material mittels galvanischer Abscheidung aufgefüllt. Dazu wird in einem entsprechenden Galvanikbad die geschlossen leitende Schicht auf Kathodenpotential gelegt und eine Elektrode aus dem Material der zu bildenden Kontaktelemente mit dem Anodenpotential verbunden, so daß über Metallionenaustausch das Anodenmaterial abgetragen wird und auf Kontaktflächen in den Durchgangsöffnungen ein Kontaktelement aus Metall wächst.

Mit Entfernen der Maskierungsschicht entsteht an der Position jeder aufgefüllten Durchgangsöffnung ein sich räumlich erstreckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement, das einstückig und integral mit der darunterliegenden Kontaktfläche verbunden ist. Das Entfernen der geschlossenen leitenden Schicht kann mittels Ätztechnik erst erfolgen, wenn vorher die Maskierungsschicht vollständig entfernt wurde.

Nach dem Entfernen der Maskierungsschicht und der geschlossenen leitenden Schicht kann sich das Kontaktelement mit seinem freien Ende frei bewegen, wobei es sich elastisch und plastisch unter Ändern seines Raumwinkels verbiegen kann, so daß es in vorteilhafter Weise möglich ist, mit dem sich räumlich erstreckenden Kontaktelement unterschiedliche Abstände und Unebenheiten zu überbrücken und unterschiedliche Dehnungen auszugleichen.

Darüber hinaus ist es mit dem oben angegebenen Verfahren möglich, nach dem Auffüllen der Durchgangsöffnungen eine Weiterabscheidung auf der Maskierungsschicht durchzuführen, um einen pilzkopffartigen Überwuchs an der Spitze des Kontaktelementes zu erzeugen, so daß sich vorzugsweise mittels galvanischer Abscheidung ein Kontaktkopf ausbildet. Dieser Kontaktkopf kann zusätzlich durch Abscheidung vorzugsweise einer edleren Kontaktoberflächenbeschichtung aus vorzugsweise einer Nickel- und/oder Goldschicht veredelt werden.

Ein Entfernen der Maskierungsschicht ist ohne weiteres auch noch nach Ausbilden eines Kontaktkopfes möglich, indem die Maskierungsschicht in geeigneten Lösungsmitteln aufgelöst wird. Ein anderes bevorzugtes Verfahren zur Auflösung der Maskierungsschicht ist die Veraschung mittels Plasmatechnologie.

Ein Wafer, dessen Kontaktflächen mit derartig sich räumlich erstreckenden Kontaktelementen ausgestattet ist, kann unmittelbar noch vor einem Trennen in einzelne Halbleiterchips

oder in einzelne elektronische Bauteile auf dem Wafer-Niveau geprüft werden, indem mittels eines Prüfkopfes ein Zwischenträger mit Kontaktanschlußflächen auf die Kontaktelemente einer integrierten Schaltung eines einzelnen elektronischen Bauteils zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der elektronischen Schaltung des elektronischen Bauteils gedrückt wird. Derartige Prüfköpfe mit einer entsprechenden Anzahl von Kontaktanschlußflächen auf einem Zwischenträgermaterial vereinfachen die bisher übliche Funktionsprüfung vor, während und nach dem Burn-In.

Darüber hinaus können die mikroskopisch kleinen sich räumlich erstreckenden Kontaktelemente auf dem Wafer verwendet werden, um mit einem großflächigen Zwischenträger zur Umverdrahtung der Kontaktflächen mit aus einem Gehäuse heraustretenden Anschlüssen verbunden zu werden. Der Zwischenträger kann dabei die gleichen Abmessungen wie der Wafer aufweisen und gegenüber jeder Kontaktfläche auf der Oberfläche des Wafers eine Kontaktanschlußfläche aufweisen, die über Flachleiter mit den nach außen geführten Anschlüssen des elektronischen Bauteils in Verbindung steht.

Um ein sicheres gleichzeitiges Verlöten oder Ultraschallbonds der Vielzahl von Kontaktelementen mit den Kontaktanschlußflächen des Zwischenträgers zu erreichen, werden vorzugsweise die Zwischenräume zwischen den Kontaktelementen mittels Sprühtechnik oder Spritzgußtechnik vergossen, und, falls erforderlich, werden anschließend die Kontaktköpfe nach dem Vergießen der Zwischenräume freigelegt, so daß mit diesen Verfahrensschritten die Position der Kontaktköpfe gegenüber den Kontaktanschlußflächen des Zwischenträgers stabilisiert sind. Mit einem entsprechenden Anpreßdruck und einer thermischen Behandlung oder einer entsprechenden reibtechnischen Erwärmung durch Ultraschall kann anschließend entweder eine Lötverbindung mittels eines Kontaktkopfs aus Lot oder eine Verbindung mittels Ultraschallbonds aller Kontaktköpfe eines



Wafers gleichzeitig mit den Kontaktanschlußflächen eines Zwischenträgers erfolgen.

5 Durch Auswahl entsprechend elastischer und plastisch verformbarer Spritzgußmassen in den Zwischenräumen zwischen den Kontaktelementen können Unebenheiten der Oberfläche des Substrats und der Oberfläche des Zwischenträgers ausgeglichen werden, und eine Gehäusetechnologie auf Waferniveau verwirklicht werden, so daß mit dem gleichzeitigen Zerteilen des Wafers mit dem angeschlossenen Zwischenträger mit Umverdrahtung und Außenanschlüssen in rationeller Weise der Wafer mit seiner Vielzahl von integrierten Schaltungen in elektronische Bauteile vereinzelt werden kann.

15 Bei der bevorzugten Durchführung des Verfahrens werden die strukturierte leitende Schicht, die Kontaktelemente und die Kontaktköpfe aus einem Material hergestellt, was für die einzelnen Anwendungsfälle bereits oben diskutiert wurde.

20 Ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils mit mindestens einer mikroskopisch kleinen Kontaktfläche für eine elektronische Schaltung mit Leiterbahnen auf einer Oberfläche eines Substrats, wobei die Kontaktfläche zusätzlich ein sich räumlich erstreckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement, das einstückig und integral mit der Kontaktfläche verbunden ist, aufweist, umfaßt folgende Verfahrensschritte:

- 30 a) Strukturieren einer Metallfolie, vorzugsweise aus einer Kupferlegierung, mit Mustern, wobei die Struktur eine Vielzahl von freigeätzten Umrissen von Kontaktfedern aufweist, die mit einer Sollbruchstelle mit der Metallfolie verbunden sind, wobei das freiliegende Ende der Kontaktfederumrisse in Größe, Anordnung und Position den
- 35 Kontaktflächen eines Substrats entspricht,

- 5
- b) Justieren und Aufpressen der strukturierten Metallfolie auf ein Substrat mit einer Vielzahl von Kontaktflächen, wobei die freiliegenden Enden der Kontaktfederumrisse auf die Kontaktflächen gepreßt werden,
- c) Aufheizen der Metallfolie und des Substrats zum Bonden der freiliegenden Enden der Kontaktfederumrisse mit den Kontaktflächen,
- 10 d) Abkühlen und Abziehen der Metallfolie unter Zurücklassung räumlich sich erstreckender gebondeter Kontaktfedern auf jeder der Kontaktflächen.

15 Mit diesem Verfahren entstehen in vorteilhafter Weise mikroskopisch kleine Kontaktfedern, die sich räumlich von Kontaktflächen auf einem Substrat erstrecken, wobei die Kontaktfedern einstückig und integral mit den Kontaktflächen verbunden sind. Dabei ist das gleichzeitige Bilden von Kontaktfedern zahlenmäßig nicht begrenzt, so daß eine Vielzahl von Kontaktfedern gleichzeitig mit diesem Verfahren in vorteilhafter

20 Weise gebildet werden können.

Die Kontaktfedern auf den Kontaktflächen haben den Vorteil, daß sie die Kontaktflächen räumlich verlängern, so daß anschließende Komponenten, beispielsweise eines Gehäuses eines elektronischen Bauteils, auf diese federnden Anschlüsse aufgesetzt oder an die freiliegenden Enden der Kontaktfedern angelötet oder mit ihnen gebondet werden können. Durch die Federwirkung dieser Kontaktfedern können Unebenheiten in der

25 Ebene der Kontaktflächen und Unebenheiten in der Ebene von Kontaktanschlußflächen eines sich anschließenden Zwischenträgers eines Gehäuses ausgeglichen werden.

30

Darüber hinaus ist es möglich, unmittelbar nach dem Herstellen der integrierten Schaltungen auf einem Halbleiterwafer diese Schaltungen mit ihren vielfachen Kontaktflächen durch einen Prüfkopf mit entsprechend angeordneten Kontaktanschluß-

35

flächen zu prüfen, der einfach auf die freien Enden der Kontaktfedern mit seinen Kontaktanschlußflächen aufgesetzt wird und dann die Funktionsfähigkeit jedes einzelnen integrierten Schaltkreises prüfen kann. Bei dieser Prüfung gleichen die

- 5 Kontaktfedern Abstandsunterschiede zwischen dem Prüfkopf und dem Substrat aus und sorgen dafür, daß ein federnder Reibkontakt mit den Kontaktanschlußflächen des Prüfkopfes aufgebaut werden kann.

- 10 Das Strukturieren einer Metallfolie mit Kontaktfederumrissen wird vorzugsweise durch eine Ätztechnik durchgeführt. Dazu wird die Metallfolie in den nicht zu ätzenden Bereichen mit einer Schutzschicht abgedeckt. Dieses Abdecken kann mittels Photolacktechnik, Siebdrucktechnik oder Schablonenmaskierungstechnik erfolgen.

- 15 In einer anderen bevorzugten Durchführung der Strukturierung werden die Umrisse der Kontaktfedern in die Metallfolie mittels Laserabtragstechnik eingebracht. Auch Trockenätzverfahren wie das Plasmaätzen sind zum Einbringen der Kontaktfederumrisse in eine Metallfolie geeignet.

- 20 In einer bevorzugten Durchführung des Verfahrens werden die freiliegenden Enden der Kontaktfederumrisse vor dem Aufpressen auf die Kontaktflächen eines Substrats mit einer Nickel- und/oder einer Goldschicht beschichtet. Diese Beschichtung hat den Vorteil, daß insbesondere die Goldschicht mit den Kontaktflächen vorzugsweise aus einer Aluminiumlegierung unter isothermischer Erstarrung intermetallische Phasen bildet,
- 25 die eine hohe Temperaturfestigkeit der Verbindung gewährleisten.

- 30 In einer weiteren bevorzugten Durchführung des Verfahrens werden im Bereich der Sollbruchstellen die Kontaktfederumrisse mit einer lötbaren Metallegierung beschichtet. Diese selektive Metallbeschichtung hat den Vorteil, daß nach Abriß der Sollbruchstellen die sich bildenden Kontaktanschlußflä-
- 35

chen eine Lotbeschichtung aufweisen, die für ein Verbinden mit sich anschließenden Kontaktanschlußflächen geeignet ist.

5 In einer weiteren bevorzugten Durchführung des Verfahrens wird als Metallfolie ein federelastisches Material mit einer Dicke zwischen 30 und 100  $\mu\text{m}$  eingesetzt, das zusätzlich mit einer Zinnschicht versehen wird. Dieses hat den Vorteil, daß nach dem Strukturieren der Metallfolie die Kontaktfederumrisse bereits mit einer Zinnschicht versehen sind, die eine Löt-  
10 verbindung mit den Kontaktflächen ermöglicht.

15 In einer weiteren bevorzugten Durchführungsform der Erfindung werden die Kontaktfederumrisse vor dem Aufpressen der Metallfolie auf die Kontaktflächen in vorbestimmten Bereichen, vorzugsweise in ihrem mittleren Bereich, weichgeglüht. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß beim nachfolgenden Abziehen der Metallfolie von dem Substrat die Kraft auf die Kontaktfläche minimiert wird und das Umbiegen der Kontaktfeder in eine räumliche Erstreckung ihres freien Endes die Kontaktflächen und die Verbindung zwischen Kontaktflächen und Kontaktfedern nur minimal belastet. Das Weichglühen der Metallfolie aus federelastischem Material im mittleren Bereich der Kontaktfederumrisse kann vorzugsweise durch ein Laserscannen über die entsprechenden Bereiche erfolgen.  
20

25 In einer weiteren bevorzugten Durchführungsform des Verfahrens wird als Metallfolie ein weiches Material wie eine weiche Kupferlegierung eingesetzt, wobei nach dem Abziehen der Metallfolie die zurückbleibenden, sich räumlich erstreckenden Kontaktstrukturen auf gewünschte Federeigenschaften der Kontaktfedern getempert werden. Bei dieser Verfahrensvariante entsteht die eigentliche Federkraft erst, nachdem das Verbinden mit der Kontaktfläche und/oder die Formgebung der Kontaktfeder abgeschlossen sind. Bei dieser Verfahrensvariante  
30 wird die Verbindung zwischen Kontaktfeder und Kontaktfläche bei der Formgebung am geringsten belastet.  
35

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen mit den beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

- 5      Figur 1      zeigt eine teilweise quergeschnittene perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform der Erfindung mit einem sich räumlich von einer Kontaktfläche aus orthogonal erstreckenden Kontaktstift.
- 10      Figur 2      zeigt eine teilweise quergeschnittene perspektivische Ansicht einer zweiten Ausführungsform der Erfindung mit einem unter einem Raumwinkel, der von der orthogonalen Ausrichtung abweicht, vorgeformten Kontaktstift.
- 15      Figuren 3 bis 9 zeigen bevorzugte Verfahrensschritte einer Durchführung eines Verfahrens der Erfindung anhand von Querschnitten durch ein elektronisches Bauteil.
- 20      Figur 10      zeigt einen Querschnitt durch eine bevorzugte Ausführungsform eines elektronischen Bauteils nach einem Vergießen der Zwischenräume zwischen einer Vielzahl von Kontaktstiften.
- 25      Figur 11      zeigt einen Querschnitt durch eine bevorzugte Ausführungsform eines elektronischen Bauteils nach einem Freilegen der Kontaktköpfe.
- 30      Figur 12      zeigt eine Draufsicht auf eine mit Kontaktfederumrissen strukturierte Metallfolie.
- 35      Figur 13      zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Figur 12.
- Figur 14      zeigt eine perspektivische Teilansicht einer Anordnung einer Vielzahl von mikroskopisch kleinen Kontaktfedern nach einem Abziehen der Metallfolie.

Figur 15 zeigt eine teilweise quergeschnittene perspektivische Ansicht einer mikroskopisch kleinen Kontaktfeder, die einstückig und integral mit einer Kontaktfläche verbunden ist.

5

Figur 1 zeigt eine teilweise quergeschnittene perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform der Erfindung mit einem sich räumlich von einer Kontaktfläche 1 aus orthogonal erstreckenden Kontaktelementes 5 in Form eines Kontaktstiftes 16. Dieser sich räumlich erstreckende Kontaktstift 16 hat eine mikroskopisch kleine Länge und weist in dieser Ausführungsform einen Kontaktkopf 8 auf. Die mikroskopisch kleine Kontaktfläche 1 ist Teil einer elektronischen Schaltung mit Leiterbahnen 2 auf einer Oberfläche 3 eines Substrates 4. Die Leiterbahnen 2 und die Kontaktfläche 1 bestehen in dieser Ausführungsform aus einer Aluminiumlegierung, während der Kontaktstift 16 eine Kupferlegierung aufweist, die auch den Kontaktkopf 8 bildet, wobei die Oberfläche des Kontaktkopfes 8 mit einer Nickel- und einer Gold-Beschichtung veredelt ist.

10  
15  
20

Derartige elektronische Bauteile haben den Vorteil, daß über die Länge der Kontaktstifte 16 Unebenheiten der Oberfläche 3 des Substrats 4 ausgeglichen werden können, indem sich der Kontaktstift 16 durch Verbiegen unter plastischer und elastischer den Unebenheiten angleichen kann. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn der Kontaktstift 16 dazu dienen soll, die Funktion eines elektronischen Bauteils auf einem Wafer zu prüfen, bevor der Wafer zu einzelnen, eine integrierte Schaltung aufweisenden elektronischen Bauteilen oder Halbleiterchips mittels einer Trenntechnik vereinzelt wird. Dazu kann ein Prüfkopf, der Kontaktanschlußflächen aufweist, die von einem Zwischenträger gehalten werden und räumlich gegenüber den Kontaktflächen angeordnet sind, auf die Kontaktköpfe 8 der Kontaktstifte 16 gedrückt werden, wobei durch den Andruck die Unebenheiten des Substrats 4 und des Zwischenträgers und damit die unterschiedlichen Abstände zwischen beiden ausgeglichen werden.

30

35

Figur 2 zeigt eine teilweise quergeschnittene perspektivische Ansicht einer zweiten Ausführungsform der Erfindung mit einem unter einem Raumwinkel  $\alpha$ , der von der orthogonalen Ausrichtung abweicht, vorgeformten Kontaktelement 5. Dieser stiftartige Kontakt auf der Kontaktfläche 1 schräg zur Substratoberfläche erlaubt eine toleranzunkritische Kontaktierung zu Prüfzwecken sowohl im Scheibenformat als auch im Bauelementeformat. Diese Ausführungsform der Erfindung ist deshalb toleranzunkritisch, weil die Schrägstellung des Kontaktstiftes 16 und seine Abweichung von der orthogonalen Ausrichtung eine gewisse Federwirkung erlaubt und damit Höhendifferenzen ausgeglichen werden können.

Darüber hinaus ist auch besonders vorteilhaft die bei Druckausübung ausgelöste Lateralbewegung des schräg angeordneten Kontaktstiftes 16 der Figur 2, die durch Freireiben des Kontaktpunktes auf einer nicht gezeigten gegenüberliegenden Kontaktanschlußfläche eines Zwischenträgers zu einer zuverlässigen Kontaktgabe beiträgt.

Neben der reinen Prüftechnik in bezug auf die Funktionsfähigkeit eines einzelnen elektronischen Bauteils kann der Kontaktstift 16 der Figur 1 oder Figur 2 auch verwendet werden, um die Kontaktfläche 1 mit einer Kontaktanschlußfläche eines Zwischenträgers, der eine Umverdrahtung zu Außenanschlüssen des Gehäuses trägt, zu verbinden. Der Zwischenträger ist dabei ein Bestandteil eines Gehäuses für ein Verpacken der elektronischen Bauteile. Auf diesem Zwischenträger wird über Flachleiter eine Umverdrahtung von den Kontaktanschlußflächen zu auf der gesamten Fläche des Zwischenträgers verteilten Außenanschlüssen vorgenommen. Um beim Verbinden des Kontaktstiftes 16 mit einer nicht gezeigten Kontaktanschlußfläche eines Zwischenträgers den Kontaktstift 16 in seiner Lage zu stabilisieren, kann der Zwischenraum zwischen einer Vielzahl von Kontaktstiften 16 durch eine elastische Vergußmasse 13

vorzugsweise aus Silicon aufgefüllt werden, wie es beispielsweise Figur 10 im Querschnitt zeigt.

Die Figuren 3 bis 9 zeigen bevorzugte Verfahrensschritte einer Durchführung eines Verfahrens der Erfindung anhand von Querschnitten durch ein elektronisches Bauteil.

In Figur 3 ist auf der Oberfläche 3 eines Substrats 4 eine strukturierte Metallschicht mit Passivierungsschicht 15 und freiliegenden Kontaktflächen 1 aufgebracht. Diese Strukturierung der Metallschicht und das Freilegen der Kontaktflächen 1 kann vorzugsweise durch Photolacktechnologie einer geschlossenen leitenden Schicht bzw. einer geschlossenen Passivierungsschicht 15 aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  erfolgen. Auf diese Passivierungsschicht 15 mit freiliegenden Kontaktflächen 1 wird, wie es Figur 4 zeigt, eine geschlossene leitende Schicht 10 aufgebracht, die alle Kontaktflächen 1 kurzschließt.

Nach dem Aufbringen der geschlossenen leitenden Schicht wird eine Maskierungsschicht 11 auf die geschlossen leitende Schicht 10 mittels Aufschleudern, Aufsprühen oder mittels Tauchtechnik aufgebracht. Als Maskierungsschicht 11, die in Figur 5 gezeigt wird, wird in dieser Durchführungsform des Verfahrens ein photoempfindliches Dielektrikum aufgebracht. Über das Dielektrikum wird eine Photomaske 14 gelegt, wie es in Figur 6 zu sehen ist. Unter einem Raumwinkel  $\alpha$  wird unter paralleler Lichteinstrahlung das photoelektrische Dielektrikum in den Bereichen belichtet, in denen die Photomaske 14 nicht geschwärzt ist, so daß diese Bereiche des photoempfindlichen Dielektrikums vorvernetzt werden und beim anschließenden Entwicklungsvorgang bleiben die vorvernetzten belichteten Bereiche stehen, während Durchgangsöffnungen 12 von der Oberfläche der Maskierungsschicht 11 bis zu der geschlossen leitenden Schicht 10 beim anschließenden Entwicklungsprozeß des photoempfindlichen Dielektrikums gebildet werden.



Wie Figur 7 zeigt, werden die Durchgangsöffnungen 12 mittels galvanischer Abscheidung mit Metall aufgefüllt, so daß ein sich räumlich erstreckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement 5, das einstückig und integral mit der Kontaktfläche 1 verbunden ist, entsteht. In der Ausführungsform, wie sie Figur 7 zeigt, ist die geschlossen leitende Schicht 10 aus einer Kupferlegierung und ein galvanisch abgeschiedener Kontaktstift 30 mit seinem Kontaktkopf 8 aus einer angepaßten Kupferlegierung, wobei nach der Ausbildung des Kontaktkopfes 8 dieser durch Beschichten mit einer Nickel- und einer Gold-Beschichtung, die ebenfalls galvanisch abgeschieden wird, veredelt wird.

Nach der galvanischen Herstellung von Kontaktstift (16) und Kontaktkopf (8) wird die Maskierungsschicht (11) entfernt, und es verbleibt eine Struktur, wie sie im Querschnitt in Figur 8 gezeigt wird. Die dünne geschlossene leitende Schicht 10 wird anschließend kurz geätzt, so daß die in Figur 9 gezeigte Struktur mit freistehenden mikroskopisch kleinen Kontaktstiften 16, die einstückig und integral mit entsprechenden Kontaktflächen 1 verbunden sind, übrigbleiben. Diese Kontaktstifte 16 können auf einer gesamte Waferoberfläche gleichzeitig hergestellt werden und stehen somit zur Kontaktierung mit einem Prüfkopf zur Verfügung, um die Funktionsfähigkeit der elektronischen Bauteile vor dem Vereinzeln des Substrats 4 zu elektronischen Bauteilen zu testen.

Anschließend können die Kontaktstifte 16 mit ihren Köpfen 8 in eine Vergußmasse vorzugsweise aus Silicon eingeschlossen werden, um die Kontaktstifte 16 zu stabilisieren und zu stützen, wie es in Figur 10 gezeigt wird. Bei dem Vergießen können jedoch, wie es Figur 10 zeigt, die Kontaktköpfe 8 von der Vergußmasse bedeckt sein, so daß in einem weiteren Schritt vorzugsweise durch Laserabtrag die Kontaktköpfe 8 freigelegt werden, wie es in Figur 11 gezeigt ist. Die Kontaktköpfe 8 können dann entweder in einem Lötswallbad mit einer lötbaren Beschichtung überzogen werden, oder sie können mit ihren

veredelten Beschichtungen aus Nickel und/oder aus Gold zum Ultraschallbonden verwendet werden.

5 Eine Lotbeschichtung der Kontaktköpfe 8 wird vorzugsweise dazu verwendet, um die Kontaktköpfe 8 mit Kontaktanschlußflächen eines Zwischenträgers, der die Umverdrahtung trägt, auf  
10 äußere auf einer Fläche verteilte elektrische Anschlüsse zu ermöglichen. Die elektrischen Anschlüsse sind üblicherweise aus Lötballen gebildete Kontakthöcker, die in Zeilen und/oder Spalten auf einer Seite des Gehäuses herausragen, während das Gehäuse auf der anderen Seite den Halbleiterchip trägt. Das Verbinden des Zwischenträgers mit Umverdrahtung mit den Kontaktköpfen 8 kann auch für eine Vielzahl von Kontaktköpfen 8 auf einem Wafer durchgeführt werden und das Vereinzeln dieses  
15 Zusammenbaus zu elektronischen Bauteilen kann danach stattfinden.

Figur 12 zeigt eine Draufsicht auf eine mit Kontaktfederumrissen 25 strukturierten Metallfolie 21. Diese Metallfolie  
20 hat in dieser Ausführungsform die Größe eines Halbleiterwafers mit beispielsweise 32 Halbleiterchips. Die Metallfolie 21 ist zwischen 30 und 100  $\mu\text{m}$  dick und weist eine Vielzahl von Kontaktfederumrissen 25 auf, deren Anzahl den Kontaktflächen auf dem Halbleiterwafer entsprechen. Die Kontaktfederumrisse 25 werden in die Metallfolie 21 eingeätzt oder mit einem Laserstrahl in die Metallfolie 21 eingeschnitten.  
25

Figur 13 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Figur 12. Dieser Ausschnitt soll nur prinzipiell die Struktur der Kontaktfederumrisse 25 zeigen. Ein derartiger Umriß umfaßt ein  
30 freiliegendes Ende 24, einen mittleren Bereich 26 und eine Sollbruchstelle 23, mit der der Kontaktfederumriß 25 mit der Metallfolie 21 verbunden ist. Der mittlere Bereich 26 des Kontaktfederumrisses verjüngt sich zur Sollbruchstelle hin, so daß der Querschnitt, mit dem Kontaktfederumrisse an der  
35 Metallfolie 21 hängen, äußerst gering ist und leicht abreißbar wird.

Figur 14 zeigt eine perspektivische Teilansicht einer Anordnung einer Vielzahl von mikroskopisch kleinen Kontaktfedern 17 nach einem Abziehen der Metallfolie 21, die in Figur 12 gezeig-  
5  
t wird. Deutlich erkennbar ist, daß nun die Kontaktfederumrisse 25, wie sie in Figur 13 gezeigt werden, nun zu einer Kontaktfläche mit einem fest auf der Substratoberfläche verbundenen ersten Kontaktfederende 19 und einem freien zweiten Kontaktfederende 20 umgeformt sind. Dazu wurden die Kon-  
10  
taktfederumrisse 25 der Figur 13 mit ihren freiliegenden Enden 24 auf die Kontaktflächen eines Substrats gebondet oder gelötet, und anschließend beim Abreißen der Metallfolie 21 zu Kontaktfedern gebogen.

Figur 15 zeigt eine teilweise quergeschnittene perspektivische Ansicht einer mikroskopisch kleinen Kontaktfeder 17, die einstückig und integral mit der Kontaktfläche 1 verbunden ist. Die Kontaktfeder dieses Ausführungsbeispiels hat die Form einer Blattfeder, die zum freien Ende hin verjüngt ist und mit diesem freien Ende an einem Zwischenträger mit Kontaktanschlußflächen einer Umverdrahtung angeschlossen werden kann oder einen Prüfkopf kontaktieren kann, der entsprechend angeordnete Kontaktanschlußflächen aufweist.

## Patentansprüche

1. Elektronisches Bauteil mit mindestens einer mikrosko-  
pisch kleinen Kontaktfläche (1) für eine elektronische  
5 Schaltung mit Leiterbahnen (2) auf einer Oberfläche (3)  
eines Substrats (4),  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Kontaktfläche (1) zusätzlich ein sich räumlich er-  
streckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement (5),  
10 das einstückig und integral mit der Kontaktfläche (1)  
verbunden ist, aufweist.
2. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
15 die Kontaktfläche (1) gegenüber einer Kontaktanschluß-  
fläche eines Zwischenträgers mit Flachleitern angeordnet  
ist.
3. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
20 das Substrat (4) ein Halbleiterchip (6) oder ein Halb-  
leiterwafer (7) und die elektronische Schaltung minde-  
stens eine integrierte Schaltung im oberflächennahen Be-  
reich des Halbleiterchips (6) oder des Halbleiterwafers  
25 (7) ist.
4. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
30 die elektronische Schaltung mit Leiterbahnen (2) eine  
Vielzahl von Kontaktflächen (1), die jeweils an einem  
der Enden der Leiterbahnen (2) angeordnet sind, auf-  
weist.
- 35 5. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß

das Kontaktelement (5) elastisch verformbar ist.

6. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

5 dadurch gekennzeichnet, daß  
das Kontaktelement (5) unter einem Raumwinkel, der von der orthogonalen Ausrichtung abweicht, vorgeformt ist.

7. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

10 dadurch gekennzeichnet, daß  
das Kontaktelement (5) in einem Raumwinkel, der von der orthogonalen Ausrichtung abweicht, vorgebogen ist.

8. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15 dadurch gekennzeichnet, daß  
die Länge des Kontaktelementes (5) um mindestens 5% größer als die größte Verwölbung der Oberfläche (3) des Substrats (4) ist.

9. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 2 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
25 die Länge des Kontaktelementes (5) um mindestens 5% größer als die größte Entfernung zwischen Kontaktfläche (1) und Kontaktanschlußfläche ist.

10. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

30 dadurch gekennzeichnet, daß  
die Länge des Kontaktelementes (5) um mindestens 5% größer als die größte Längendifferenz in Bezug auf den zentral gelegenen neutralen Punkt des Substrats (4) bei größtmöglicher Temperaturwechselbelastung ist.

- 35 11. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 2 bis 10,

dadurch gekennzeichnet, daß  
die Länge des Kontaktelementes (5) um mindestens 5% größer  
als die größte Längendifferenz zwischen Substrat (4)  
und Zwischenträger bezogen auf den zentral gelegenen  
neutralen Punkt des Substrats (4) bei größtmöglicher  
Temperaturwechselbelastung ist.

12. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß  
die Kontaktfläche (1) und das Kontaktelement (5) aus einer  
gleichen Metall-Legierung hergestellt sind.

13. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß  
die Kontaktfläche (1) aus einer Aluminiumlegierung und  
das Kontaktelement (5) aus einer Goldlegierung hergestellt  
sind.

14. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß  
die Kontaktfläche (1) aus einer Aluminiumlegierung und  
das Kontaktelement (5) aus einer Kupferlegierung hergestellt  
sind.

15. Elektronisches Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß  
das Kontaktelement (5) als Kontaktstift (16) ausgebildet  
ist.

16. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 11,

dadurch gekennzeichnet, daß

der Kontaktstift (16) einen Durchmesser aufweist, der kleiner gleich der Hälfte der kürzesten Längenabmessung der Kontaktfläche (1) ist.

- 5 17. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 11 oder Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Kontaktstift (16) an seinem von der Kontaktfläche (1) entfernten Ende einen Kontaktkopf (8) aufweist.
- 10 18. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 15 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Kontaktkopf (8) eine Nickel- und/oder Gold-  
15 Beschichtung aufweist.
- 20 19. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 15 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Kontaktkopf (8) eine Beschichtung aus einer lötbaren  
Metall-Legierung aufweist.
- 25 20. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 15 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Kontaktkopf (8) aus Lot besteht.
- 30 21. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Kontaktelement (5) als Kontaktfeder (17) ausgebildet  
ist.
- 35 22. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 21,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Kontaktfeder (17) als Kontaktblattfeder (18) ausgebildet ist, wobei ein Kontaktblattfederende (19) mit der

Kontaktfläche (1) verbunden ist und sich das freie Kontaktfederende (20) räumlich erstreckt.

23. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 21 oder 22,  
5 dadurch gekennzeichnet, daß  
die Kontaktfeder (17) sich räumlich in einem Raumwinkel  $\alpha$ , der kleiner ist als die Orthogonale von der Kontaktfläche (1), aus erstreckt.
- 10 24. Elektronisches Bauteil nach Anspruch 22 oder 23,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Breite der Kontaktblattfeder (18) der Breite der Kontaktfläche (1) entspricht.
- 15 25. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 22 bis 24,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Kontaktblattfeder (18) an ihrem freien Blattfederende (20) verjüngt ist und einen quadratischen Querschnitt aufweist.
- 20 26. Elektronisches Bauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 25,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
25 die Kontaktfeder (17) an ihrem freien Ende mit Gold und/oder einer Nickelbeschichtung versehen ist.
27. Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Bauteils mit mindestens einer mikroskopisch kleinen Kontaktfläche  
30 (1) für eine elektronische Schaltung mit Leiterbahnen  
(2) auf einer Oberfläche (3) eines Substrats (4) wobei die Kontaktfläche (1) zusätzlich ein sich räumlich erstreckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement (5), das einstückig und integral mit der Kontaktfläche (1)  
35 verbunden ist, aufweist und das Verfahren folgende Verfahrensschritte umfaßt:



- 5
- a) Strukturieren einer leitenden Schicht (9) auf einer Oberfläche (3) eines Substrats (4) zu Leiterbahnen (2) und mikroskopisch kleinen Kontaktflächen,
- b) Aufbringen einer Passivierungsschicht (15) auf die strukturierte leitende Schicht (9),
- c) Öffnen von Kontaktfenstern in der Passivierungsschicht (15) zum Freilegen der Kontaktflächen,
- d) Aufbringen einer geschlossenen leitenden Schicht (10) zum Verbinden der Kontaktflächen,
- 10 e) Aufbringen einer Maskierungsschicht (11) auf die geschlossene leitende Schicht (10),
- f) Strukturieren der Maskierungsschicht (11) mit Durchgangsöffnungen (12) zu der geschlossen leitenden Schicht im Bereich der Kontaktflächen (1),
- 15 g) Auffüllen der Durchgangsöffnungen (12) mit leitendem Material,
- h) Entfernen der Maskierungsschicht (11),
- i) Entfernen der geschlossen leitenden Schicht (10).
- 20 28. Verfahren nach Anspruch 27,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Strukturieren einer leitenden Schicht (9) und das Öffnen der Kontaktfenster in der Passivierungsschicht mittels Photolithographieverfahren erfolgt.
- 25 29. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Aufbringen einer geschlossen leitenden Schicht (10) mittels Aufdampftechnik, Sputtertechnik oder Abscheidetechnik erfolgt.
- 30 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 29,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
als geschlossen leitende Schicht (10) eine Kupferlegierungsschicht aufgebracht wird.
- 35 31. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 30,

dadurch gekennzeichnet, daß  
das Aufbringen einer Maskierungsschicht (11) auf die geschlossen leitende Schicht (10) mittels Aufschleudern, Aufsprühen oder mittels Tauchtechnik erfolgt.

5

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß als Maskierungsschicht (11) ein photoempfindliches Dielektrikum aufgebracht wird.

10

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß das Strukturieren der Maskierungsschicht (11) mit Durchgangsöffnungen (12) mittels Photolithographie erfolgt.

15

34. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung eines räumlich abgewinkelten Kontaktelementes (5) die Maskierungsschicht (11) aus einem photoempfindlichen Dielektrikum unter einem räumlichen Winkel zur Kontaktfläche (1) belichtet wird.

20

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß als Maskierungsschicht (11) eine Harzschicht aufgebracht wird.

25

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Maskierungsschicht (11) mittels Laserabtragstechnik, Ionenstrahlputtern oder Plasmaätzen mit Durchgangsöffnungen (12) zu den Kontaktflächen (1) versehen wird.

30

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß das Auffüllen der Durchgangsöffnungen (12) mit leitendem Material mittels galvanischer Abscheidung erfolgt.

35

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 36,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Auffüllen der Durchgangsöffnungen (12) mittels  
stromloser Abscheidetechnik erfolgt.
39. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 38,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Entfernen der geschlossenen leitenden Schicht (10)  
mittels Ätztechnik erfolgt.
40. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 39,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
ein Ausbilden von Kontaktköpfen (8) mittels galvanischer  
Abscheidung oder stromlos erfolgt.
41. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 40,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Räume zwischen den Kontaktelementen (5) vergossen  
werden.
42. Verfahren nach Anspruch 41,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Vergießen der Räume zwischen den Kontaktelementen  
(5) mittels Sprühtechnik oder Spritzgußtechnik erfolgt.
43. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 42,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
Kontaktköpfe nach einem Vergießen der Zwischenräume (13)  
zwischen den Kontaktelementen (5) freigelegt werden.
44. Verfahren nach Anspruch 43,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Freilegen von Kontaktköpfen mittels Laserabtrag-  
stechnik erfolgt.
45. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 44,

dadurch gekennzeichnet, daß  
die Kontaktköpfe (8) mit Nickel und/oder Gold beschich-  
tet werden.

5 46. Verfahren zur Herstellung einer elektronischen Bauteils  
mit mindestens einer mikroskopisch kleinen Kontaktfläche  
(1) für eine elektronische Schaltung mit Leiterbahnen  
(2) auf einer Oberfläche (3) eines Substrats (4), wobei  
10 die Kontaktfläche (1) zusätzlich ein sich räumlich er-  
streckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement (5),  
das einstückig und integral mit der Kontaktfläche (1)  
verbunden ist, aufweist und das Verfahren folgende Ver-  
fahrensschritte aufweist:

- 15 a) Strukturieren einer Metallfolie (21) vorzugsweise  
aus einer Kupferlegierung mit Mustern (22), wobei  
die Struktur eine Vielzahl von freigelegten Umriss-  
en von Kontaktfedern (17) aufweist, die mit einer  
Sollbruchstelle (23) mit der Metallfolie (21) ver-  
bunden sind, wobei das freiliegende Ende (24) des  
20 Kontaktfederumrisses (25) in Größe, Anordnung und  
Position den Kontaktflächen (1) eines Substrats (4)  
entspricht,
- 25 b) Justieren und Aufpressen der strukturierten Metall-  
folie (21) auf ein Substrat (4) mit einer Vielzahl  
von Kontaktflächen (1), wobei die freiliegenden En-  
den (24) der Kontaktfederumrisse (25) auf die Kon-  
taktflächen (1) gepreßt werden,
- 30 c) Aufheizen der Metallfolie (21) und des Substrats  
(4) zum Bonden der freiliegenden Enden (24) der  
Kontaktfederumrisse (25) mit den Kontaktflächen (1)
- d) Abkühlen und Abziehen der Metallfolie (21) unter  
Zurücklassung räumlich sich erstreckender gebonde-  
ter oder gelöteter Kontaktfedern (21) auf jeder der  
Kontaktflächen (1).

35 47. Verfahren nach Anspruch 46,  
dadurch gekennzeichnet, daß

die freiliegenden Enden (24) der Kontaktfederumrisse (25) vor dem Aufpressen auf die Kontaktflächen (1) eines Substrats (4) mit einer Nickel- und/oder einer Goldschicht beschichtet werden.

5

48. Verfahren nach Anspruch 46 oder 47, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Sollbruchstellen (23) die Kontaktfederumrisse (25) mit einer lötbaren Metall-Legierung beschichtet werden.

10

49. Verfahren nach einem der Ansprüche 46 bis 48, dadurch gekennzeichnet, daß als Metallfolie (21) ein federelastisches Material einer Dicke zwischen 30 und 100  $\mu\text{m}$  eingesetzt wird, das mit einer lötbaren Zinnschicht versehen wird.

15

50. Verfahren nach einem der Ansprüche 46 bis 49, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfederumrisse (25) vor dem Aufpressen der Metallfolie (21) in vorbestimmten Bereichen, vorzugsweise in ihrem mittleren Bereich (26), weichgeglüht werden.

20

51. Verfahren nach einem der Ansprüche 46 bis 50, dadurch gekennzeichnet, daß eine weiche Metallfolie eingesetzt wird und nach dem Abziehen der Metallfolie (21) die zurückbleibenden sich räumlich erstreckenden Kontaktstrukturen auf gewünschte Federeigenschaft der Kontaktfedern (17) getempert werden.

25

30

## Zusammenfassung

Elektronisches Bauteil mit mikroskopisch kleinen Kontaktflächen und Verfahren zu seiner Herstellung

5

Die Erfindung betrifft ein elektronisches Bauteil und Verfahren zu seiner Herstellung, wobei das Bauteil mindestens eine mikroskopisch kleine Kontaktfläche (1) für eine elektronische Schaltung mit Leiterbahnen (2) auf einer Oberfläche (3) eines Substrats (4) aufweist, und wobei ferner die Kontaktfläche (1) zusätzlich ein sich räumlich erstreckendes mikroskopisch kleines Kontaktelement (5) umfaßt, das einstückig und integral mit der Kontaktfläche (2) verbunden ist.

10

15 [Figur 1]